

# BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-080247

(43)Date of publication of application : 02.04.1993

(51)Int.Cl.

G02B 7/28

G02B 21/00

(21)Application number : 04-074272

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 30.03.1992

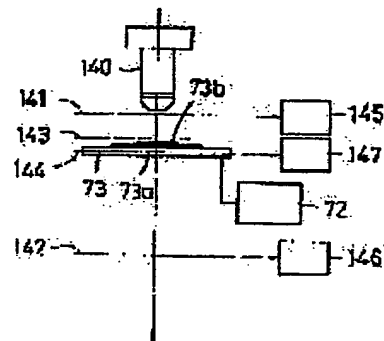
(72)Inventor : KAWASAKI MASAMI

### (54) MICROSCOPE EQUIPPED WITH AUTOMATIC FOCUSING DEVICE

#### (57)Abstract:

PURPOSE: To perform automatic focusing in a short time.

CONSTITUTION: A stage 72 is driven in the direction of an optical path through a stage driving part 72 until a CPU detects a focusing position based on the image pickup data of an image pickup element for focusing. The reference position 144 of the stage 73 is set slightly below the logical focus position of an objective 140. Position sensors 145 and 146, and 147 are installed at the upper-limit position 141 and lower-limit position 142 of the movement range of the stage 73, and the reference position 144. The stage 73 is moved to the reference position 144 at the time of focusing and moved up at every interval of 100,μm, it is decided whether the image pickup data is focusing position or not, and the stage 73 is stopped at the focusing position.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.04.1992

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2076845

[Date of registration] 09.08.1996

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 18.12.2001

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-80247

(43)公開日 平成5年(1993)4月2日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 7/28 21/00		7246-2K 7811-2K	G 0 2 B 7/ 11	J

審査請求 有 発明の数1(全 17 頁)

(21)出願番号 特願平4-74272  
 (62)分割の表示 特願昭58-53170の分割  
 (22)出願日 昭和58年(1983)3月29日

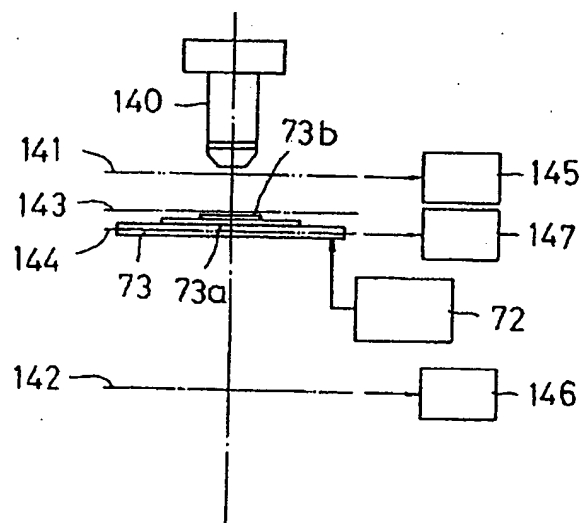
(71)出願人 000000376  
 オリンパス光学工業株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
 (72)発明者 川崎 正美  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
 ンパス光学工業株式会社内  
 (74)代理人 弁理士 篠原 泰司

(54)【発明の名称】 自動焦点装置を備えた顕微鏡

(57)【要約】

【目的】自動焦点合わせを短時間で行うことである。

【構成】ピント合わせ用撮像素子61の撮像データに基づいてCPU51で合焦位置を検出するまで、ステージ駆動部72を介してステージ73を光路方向に駆動させる。対物レンズの理論的ピント位置より若干下方にステージの基準位置を設定しておく。ステージの移動範囲の上限位置と下限位置、及び基準位置に位置センサー145、146、147を設置する。ピント合わせ時にステージを基準位置に移動させ、ステージを100 $\mu$ mづつ上方へ移動させてその都度撮像データが合焦位置のものか判定し、合焦位置でステージを停止させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】撮像素子で受光された光量に基づいて基準駆動部によってステージを上下動させ、合焦位置でステージを停止させるようにした、自動焦点装置を備えた顕微鏡において、対物レンズに対する理論的な合焦位置より光路方向に若干ずれた位置を基準位置として設定する手段と、焦点調整時に前記ステージを該基準位置に移動させる基準位置移動手段と、該基準位置から所定間隔毎に前記理論的な合焦位置方向にステージを移動させる手段と、合焦位置で前記ステージを停止させるステージ停止手段とを備えたことを特徴とする自動焦点装置を備えた顕微鏡。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動焦点装置を備えた顕微鏡に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来顕微鏡における自動焦点装置としては、対物レンズと試料表面との距離をレーザー光線等で測定することにより焦点合せを行なう方式や対物レンズ先端部から試料面に向けてエアを噴出させてその圧力変化により距離を測定して焦点合せを行なう方式等が知られている。しかしながらこれらの方式においては、特に生物用顕微鏡の場合に例えばカバーガラスの厚さのバラツキ等により合焦位置のずれが生じるため、正確な焦点合せが困難となり、また対物レンズの同焦の違いによるバラツキも問題になる。

【0003】さらに、撮像素子を用いた方式の顕微鏡の場合には、複雑な顕微鏡操作により条件設定した後、撮像素子に必要な条件を満たして初めて焦点合せが可能になるため、自動焦点方式とするには不適當であった。また低倍率の対物レンズを使用した顕微鏡による写真撮影を行なう場合には、物体側の被写界深度が深いため接眼レンズを通して観察することにより焦点合せを行なうと焦点がどこにあって目も調節作用により焦点があつていように観察され、一方像側では焦点深度が浅いためフィルム面においては良好なピント合せが行なわれ得ないという欠点がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】又、顕微鏡の自動焦点調整を行う場合、撮像素子で得られた光量に基づいてステージを上下動させて、合焦位置を検出して停止させるようになっているが、従来の装置では、任意位置にあるステージを撮像素子の受光量に応じて単に上下動させて調整するため、合焦位置にステージを持ち来すのに時間がかかる欠点があった。しかもステージの駆動速度によってはオーバーランを起こすので、合焦位置付近で前後動させることになり、短時間で正確に合焦位置にステージを停止させるのは困難でもあった。

【0005】本発明は、このような問題点に鑑み、自動

焦点調整時に迅速且つ正確に合焦位置にステージを移動及び停止できるようにした自動焦点装置を備えた顕微鏡を提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明による自動焦点装置を備えた顕微鏡は、撮像素子で受光された光量に基づいて基準駆動部によってステージを上下動させ、合焦位置でステージを停止させるようにした、自動焦点装置を備えた顕微鏡において、対物レンズに対する理論的な合焦位置より光路方向に若干ずれた位置を基準位置として設定して記憶する手段と、焦点調整時にステージを基準位置に移動させる基準位置移動手段と、この基準位置から所定間隔毎に理論的な合焦位置方向にステージを移動させる手段と、合焦位置でステージを停止させるステージ停止手段とを備えたことを特徴とするものである。

## 【0007】

【作用】焦点調整時にステージを基準位置まで移動させ、撮像素子で得られた撮像データに基づいて所定間隔づつ対物レンズの理論的な合焦位置方向にステージを移動させ、撮像素子で得られるデータが合焦位置を検出した位置でステージを停止させる。

## 【0008】

【実施例】以下図面に基づき本発明の概略について説明する。図1は本発明の基礎となる顕微鏡の光学系を示しており、1は例えばハロゲンランプの如き光源、2はコレクターレンズ、3は光源1の色温度を変えずに調光するための複数枚のNDフィルターから成るNDフィルターユニット、4は視野絞り、5は開口絞り、6は光路中に選択的に挿入され得る複数のユニット6a、6b、6cから成るコンデンサーレンズ、7はステージ、8は各々レボルバー9に取付けられたユニット8a、8b、8cから成る対物レンズ、10、11は必要に応じて光路を観察系または写真撮影系に切り換えるために光路中に挿脱可能に配設されたビームスプリッタ、12は接眼光学系、13は写真撮影用光路中に選択的に挿入され得る複数のユニット13a、13b、13cから成る撮影レンズ、14は写真撮影のために結像レンズ、フレア等の有害光除去用スリットを介して測光用受光素子15に一定の割合で光量を分割するビームスプリッタ、16は結像レンズ及びカメラ用シャッタ17を介してカメラ18のフィルム面にそして他の結像レンズを介してピント検出用撮像素子19に光量を分割するビームスプリッタ、20は自動基準用の光束分割チョップである。

【0009】次に図2には図1の光学系を有する顕微鏡の制御システムのブロック図が示されている。21はピント検出用撮像素子19の制御及びその出力信号を処理する撮像信号処理回路、22は写真撮影の際にシャッタ17を駆動しまたカメラ18のフィルム巻上げを行なう駆動回路、23は受光素子15からの出力によりダイレクト測光を行なう測光回路、24は撮影レンズ13の倍

率選択を行なう切換駆動部、25はビームスプリッタ10、11の挿脱を行なう光路切換駆動部、26は対物レンズ8を切り換える切換駆動部、27はステージ7を上下動せしめる基準駆動部、28はコンデンサーレンズ6の切換えを行なう切換駆動部、29は開口絞り5及び視野絞り4のための制御駆動部、30はNDフィルター3の選択切換を行なう切換駆動部、31は光源1の調光を行なう光源装置である。ここで各駆動部24乃至30は同時に切換状態、制御状態等を検出し得るように構成されている。32はCPU、33はマイクロコンピュータを含む自動露出演算制御部、34は写真撮影に必要なフィルムデータまたはレリーズ等の操作ボタンを含む撮影操作表示部、35は対物レンズデータ、フィルムデータ、自動基準用データ等を記憶する記憶部で、必要に応じてバッテリーによりバックアップされている。36は各駆動部に対して必要な操作スイッチ、自動基準用スイッチ、対物レンズデータセットに必要な操作スイッチ等を含む操作表示部である。

【0010】このように構成された顕微鏡に関して、次にその動作を説明する。先づ電源が投入されると、CPU32は対物レンズ切換駆動部26から光路中に挿入されている対物レンズ8に関する信号が入力されることにより該対物レンズについての倍率及び種別（開口数）を記憶部35から読み出し、これらのデータから適正なコンデンサーレンズ6を選定しコンデンサーレンズ切換駆動部28を介してコンデンサーレンズ6の切換えを行ない、同時に開口絞り5、視野絞り4の適正な絞り径を演算し絞り制御駆動部を介して絞り径の設定を行なう。さらにCPU32は読み出した対物レンズデータに基づき光源1の光量、NDフィルター3の組合せを選定し、光源装置31、NDフィルター切換駆動部30を介して所定の標準的な明るさに設定する。かくして、電源を投入すると自動的に照明光は標準状態に設定され得る。また、対物レンズ、撮影レンズ等を切換えた場合にも、これらの切換情報がCPU32に入力され、同様に自動設定が行なわれ得る。さらに、カメラのフィルムデータ（ASA値等）が記憶部35に記憶されており、電源投入と同時に撮影可能状態にあるフィルムのデータが記憶部35から読み出され自動露出演算制御部33において演算されて、撮影操作表示部34にて表示を行ない且つ露出を決定する。一方、ピント検出用撮像素子19からの撮像信号がCPU32に入力されると、CPU32はそのとき光路中にある対物レンズデータに基づき該撮像信号から合焦状態を演算判別し基準駆動部27を介してステージ7を駆動し、かくして自動焦点合せが行なわれる。

【0011】以上が本発明の概要であるが、次に本発明の一実施例について図面に基づき詳しく説明する。図3は本発明による顕微鏡の制御装置50を示しており、51はCPU、52はバッテリー53により電源遮断時に

バックアップされるRAM、54はプログラムメモリとしてのROM、55は演算精度及び時間短縮のために使用される演算器、56は制御装置50のコントロールを外部から行なう外部制御装置57のためのインターフェース、58は写真撮影装置59のためのインターフェース、60は光路切換、レボルバー等のすべての駆動部とCPU51とのデータ及び信号の受渡しを行なうI/Oポートである。61は自動焦点合せのための一次元イメージセンサーを使用した撮像素子、62は撮像素子61の駆動及び撮像信号処理回路、63はA/D変換器である。64は操作スイッチ及び表示器を含む操作パネルで、対物レンズに関するデータの入出力信号、各駆動部への切換信号等をインターフェース65を介してI/Oポート60に入出力する。

【0012】66は撮影レンズ67を切換えるための駆動部、68は観察系と写真撮影系に光路を切換えるビームスプリッタ69の駆動部で、同時に光路が何れであるかを検出してその検出信号をCPU51に出力し得る。70はレボルバー71を回転駆動させる対物レンズ切換駆動部で、同時にレボルバー71の位置即ち光路に挿入されている対物レンズを検出し得る。72はステージ73を上下動させて焦点合せを行なう基準ステージ駆動部、74はコンデンサーレンズ75を対物レンズの倍率に応じて切換える切換駆動部、76は開口絞り77の絞り径を制御する制御駆動部、78は視野絞り79の絞り径を制御する制御駆動部、80は調光のために使用するNDフィルターユニット81を切換えて透過光量比を調整する切換駆動部、82は光源83を調光するための調光回路、84は自動焦点合せのために使用される瞳分割用チョッパ85のための駆動部である。

【0013】図4は操作パネル64の一例を示しており、86は操作パネル、87は対物レンズの倍率及び種別（SPLAN, SPAN APO, DPLAN 等）を入力するためのスイッチ、88は対物レンズの倍率表示器、89は対物レンズの種別表示器、90は光路を観察系、写真撮影光学系等に切換えるためのスイッチ、91は使用状態に切換えられている光路の種別を示す表示器、92、93は各々視野絞り79、開口絞り77を手動により適当な絞り径に調整するためのスイッチ、94は調光用のスイッチ、95は撮影レンズ67の倍率切換スイッチ、96は撮影レンズの倍率表示器、97は基準ステージ駆動のためのスイッチ、98はレボルバー起動スイッチ、99は自動焦点合せ起動スイッチである。

【0014】本実施例は以上のように構成されており、最初に対物レンズのデータセット及びそれに関連する動作について説明する。ここで一例としてレボルバー71の光路上に対物レンズSPLAN 10×が切換挿入されている場合について説明すれば、操作パネル86上においてスイッチ87により倍率10×、種別SPLANを選択しセット入力すると、この情報はインターフェー

ス65及びI/Oポート60を介してCPU51に入力される。CPU51はレボルバー71の光路上の対物レンズ位置を対物レンズ切換駆動部70により読み出し、そのレボルバー位置と操作パネル86からの情報とにより対物データテーブル100(図5)を作成し、RAM52に記憶させる。この対物データテーブル100は、レボルバー位置データに対応して対物レンズの倍率及び種別を含み、図5の場合六ヶ所のレボルバー位置に関して対物データテーブル100が作成されるようになって

【0015】そしてCPU51は常に対物データテー

$$d_1 = [FNo. (視野数) / (対物レンズ倍率 \times FS投影倍率)] \times K1 \cdots \textcircled{1}$$

ここで、FNo. (視野数) は図7のテーブルに示されているように光路が観察系(B1)であるか又は写真撮影系(FK)光路における撮影レンズ67の倍率により決まり、FS投影倍率は前出の図6のテーブルに示されているようにコンデンサーレンズ75の倍率により決まる。またK1は視野に対する比率で、K1=1ならば①式で演算された値d1は視野外接の絞り径を与えるが、

$$d_2 = NA \times 2 \times f \times K2$$

ここでNAは図6のテーブルに示したように対物レンズの倍率及び種別により決まる開口値、fは同様に図6のテーブルから求められるコンデンサーレンズ75の焦点距離である。またK2は瞳径に対する比率で、K2=1ならば②式から得られた値d2は瞳径の100%の絞り径を与えるが、本実施例では対物レンズのデータセット時及び電源投入時はK2=0.8として開口絞り77の絞り径d2が観察時に最適とされている対物レンズの瞳

$$d_1 = [28 / (10 \times 0.133)] \times 1 \approx 21.1 \text{ (mm)}$$

となり、同様にして図6のテーブルからNA=0.3、  
f=12が得られ、またK2=0.8とすれば②式から、

$$d_2 = 0.3 \times 2 \times 12 \times 0.8 \approx 5.8 \text{ (mm)}$$

が求められる。

【0017】以上の演算はCPU51及び演算器55によって行なわれ、その演算結果により視野絞り制御駆動部78及び開口絞り制御駆動部76を介して視野絞り79及び開口絞り77が前記絞り径d1、d2に設定され

$$D/Aデータ = \text{視野絞り径} \times 7.5$$

$$\therefore D/Aデータ = [FNo. (視野数) / (対物レンズ倍率 \times FS投影倍率)] \times K1 \times 7.5$$

となるから、分解能は0.13mm/ビットとなる。

【0018】8ビットにデジタル変換されたデータはCPU51からI/Oポート60を介してD/A変換器110に入力され、ここでアナログ信号に変換されアンプ111により増幅されてモータ駆動回路113によってモータ114を駆動する。従って絞り機構115が開閉され得るが、その位置がポテンシオメータ116により

$$L = LA \times ND \times AS \times Ob \times Bi \quad (1x)$$

ここで、NDは例えば図9に示されているような複数枚

ル100をモニターして次の演算及び制御を行なう。即ちCPU51は対物データテーブル100により図6のテーブルからコンデンサーレンズ75の倍率を決定してコンデンサーレンズ切換駆動部74へ切換データを出し、適正なコンデンサーレンズへの切換が行なわれる。ここでコンデンサーレンズ70は対物レンズの倍率によって三段階に切換えられる。その後、さらに最良の観察条件を設定するために、対物データテーブル100から視野絞り79、開口絞り77の絞り径が決定されるが、  
10 先づ視野絞り79の絞り径の求め方を説明する。視野絞りの絞り径d1は次式により演算される。

本実施例では対物レンズのデータセット時及び電源投入時はK1=1として視野絞り79の絞り径d1が決定されるようになっており、従って光路が観察系であっても写真撮影系であっても視野絞りは常に①式により視野外接の絞り径d1に設定されることになる。

【0016】次に開口絞り77の絞り径d2は次式により演算される。

$$\cdots \textcircled{2}$$

径の80%に初期設定されるようになっている。尚、図6及び図7のテーブルはROM54に記憶されている。ここで対物レンズがSPLAN 10xで光路が観察系である場合、自動設定される各絞り径d1、d2は以下のように演算される。図6及び図7のテーブルよりFNo.=28、FS投影倍率=0.133が得られ、またK1=1とすれば、①式より

る。図8は視野絞り79または開口絞り77の制御を示すブロック図であり、110はD/A変換器、111、112はアンプ、113はモータ駆動回路、114はモータ、115はギヤを介してモータ114により開閉される絞り機構、116は絞り機構115の位置をギヤにより検出するポテンシオメータである。前述のように演算された絞り径は、デジタル変換されるが、ここで8ビットのデジタル変換を行なう場合、絞り径の範囲を0~3.4mmとすると、

$$\cdots \textcircled{3}$$

常にモニターされアンプ112を介してアンプ111にフィードバックされているので、所定の絞り径に制御され得る。

【0019】次に対物レンズデータセット時に観察に対して最適な明るさにするための自動設定の動作について説明する。観察光の像面における照度Lは次のように表わされる。

$$\cdots \textcircled{4}$$

(ここでは4枚)のNDフィルターND0、ND2、N

D3の組合せにより透過率を変更するようにしたNDフィルターユニット120(実願昭57-34645号)によって与えられる光量比で、各NDフィルターがモータ121により駆動されるカム122によりレバー123を示して光路に挿脱されることにより図10に示すように11段階に制御され、図9ではND0及びND2が光路中に挿入されており、図10より光量比ND=1/16が与えられている。ASは開口絞り77の明るさ比で、瞳径の80%を標準値とすると明るさ比ASは、 $0.8^2 = 0.64$ となる。Biは図11に示されている10

$$L = 0.5 \times \sqrt{2} \times 2^{\pm 1/2} = 0.707 \times 2^{\pm 1/2} \quad (1x)$$

なる目標値により④式から

$$L = 189 \times 0.64 \times ND \times Ob \times Bi \\ = 0.707 \times 2^{\pm 1/2}$$

$$ND = 0.707 / (189 \times 0.64 \times Ob \times Bi) = 5.84 \times 10^{-3} / (Ob \times Bi) \dots \textcircled{5}$$

が得られ、NDフィルターの光量比の目標値が与えられる。

【0021】ところで、NDフィルターユニット120 20は4枚のNDフィルターの組み合わせで構成されている

$$\log a ND = -30 - \log a Ob - \log a Bi \dots \textcircled{5}$$

となる。従って実際のNDフィルターの組合せを求めるためには、図12のテーブルから対物レンズに対応してlog a Obを求め、また図11のテーブルからlog a Biを求めて⑥式よりlog a NDが得られる。かくしてこのlog a NDに対応して図13に示されているテーブルに基づき光量比NDが得られ、この光量比NDを与えるようなNDフィルターの制御が図10に従ってNDフィルター切換駆動部80により行なわれる。尚、図10乃至図13のテーブルは必要に応じて読み出されるデータとしてROM54に記憶されている。

【0022】ここで、対物レンズSPLAN 10x, Bi 20%の光路の場合には、図11及び図12よりlog a Bi = -9, log a Ob = 0となり、⑥式からlog a ND = -30 - 0 - (-9) = -21

が得られ、図13のテーブルよりND=1/32となり、図10のテーブルによれば、ND0及びND3が光路に挿入されれば適正な明るさが得られる。従って、CPU51はNDフィルター切換駆動部80に信号を出力してNDフィルターND0及びND3を光路内に挿入せしめ、観察系の明るさが最適に而も一定に設定され得る。

【0023】かくして、対物レンズのデータセット時の一連の関連動作が行なわれるが、複数の対物レンズのデータセットをする場合各対物レンズについて上記動作が行なわれる。また一度セットされた対物レンズのデータは図5の対物データテーブル100としてレボルバー位置と共にRAM52に記憶され、RAM52はバッテリー53により電源遮断時にもバックアップされているの

るようにBi 100%の光路を1としたときの光量比、Obは図12で示されているように対物レンズの倍率及び種別から参照する光量比であり対物レンズSPLAN 10xを基準として1にとっている。LAは対物レンズSPLAN 10x, 光量比ND=1, 明るさ比AS=1, Bi 100%の光路における像面照度であり、本実施例ではLA=189lxを定数として使用する。

【0020】この状態で像面照度Lを常に0.5~1lxの範囲に維持するには、

従って、

ので、⑤式によるNDの目標値は2<sup>1/4</sup>の分解能で与えられなければならない。そこで⑤式において2<sup>1/4</sup>を底とする対数をとると、

で、最初に一回だけセット操作すればよい。さらに、対物データテーブル100が記憶されているから、例えばレボルバー71を切換えると、そのレボルバー位置が検出され、対物データテーブル100により対物レンズの倍率及び種別が読み出され、CPU51が前述の如く演算し又はROMに記憶されたテーブルのデータを参照して自動的に最適なコンデンサーレンズ75、視野絞り79及び開口絞り77の絞り径、NDフィルターユニット81の組合せを決定して各駆動部に信号を出力し自動設定を行なう。尚、対物レンズの切換時だけでなく、観察系(Bi)光路の切換、撮影レンズ67の切換等の場合にも全く同様に上記自動設定が行なわれるので、観察者は顕微鏡の複雑な操作から開放され且つ操作ミスのない換鏡を行なうことができる。

【0024】以上のようにデータセット及びその関連動作が行なわれた後に、自動焦点合せのための光学系バックグラウンドデータが入力されるが、これはステージ73の試料面に何も置かない状態で撮像素子61に投影される像の照明ムラ及び光学系のムラ並びに撮像素子61に固定的に存在するノイズパターンを自動焦点合せに対して補正するために行なわれる。而もこの補正データ入力シーケンスは、RAM52の対物データテーブル100により最適の投影像データとして入力するようにNDフィルターユニット81、視野絞り79、開口絞り77のデータを設定する。瞳分割用チョッパ85により瞳分割された二つの投影像データA, Bは撮像素子61により図14の如く得られ、このデータが補正データとして使用される。ここで、x軸は撮像素子のビットを、y軸

は撮像素子の各ビットの出力信号即ち光量を示している。このデータに基づき各ビットの補正係数を求めると、補正データA、Bに対する補正係数A'、B'は図15のように表わされ、該補正係数A'、B'はRAM52に入力して対物データテーブル100と対比させることにより、レボルパー71に接続される対物レンズの各々についての補正係数を順次RAM52に記憶させて、自動焦点合せの際に撮像素子61からの投影像データが入力されるときには該投影像データを補正係数演算して、投影像データの精度が向上せしめられる。

【0025】この補正データ入力シーケンスの後、NDフィルター81、視野絞り79、開口絞り77は各々観察に対して最良の条件を示すように決定された前述の値に設定される。対物レンズのデータセット及びそれに関連する動作は以上のように行なわれるが、これをまとめると図16のフローチャートに示す通りである。

【0026】次に自動焦点合せについて説明する。図17は、自動焦点合せのための制御回路のブロック図であり、130はアンプ、131はサンプルホールド回路である。撮像素子61に投影された像に対する撮像信号は、アンプ130で増幅されサンプルホールド回路131を介してA/D変換器63により512ビットの画素情報信号からデジタル信号に変換され、CPU51に入力された後、RAM52内に記憶される。このとき、前述した通り予めRAM52に記憶されている（対物レンズ切替駆動部70により検出された対物レンズに対応する）補正係数により演算器55で補正係数演算が行なわれてから、撮像信号はRAM52に記憶されるようになっている。またCPU51は、チョッパ駆動部84を介して瞳分割用チョッパを駆動せしめることにより図18

$$R(\delta) = \sum_{x=n_1}^{n_2} ABS \{ f_A(x) - f_B(x+\delta) \} \quad \dots\dots(7)$$

により $f_A$ に対して $f_B$ を $\delta$ だけずらした相関演算を行ない、 $R(\delta)$ の最小値を与える $\delta'$ （図19(b)参照）がこの場合の位相差となる。但し、 $ABS\{\alpha\}$ は $\alpha$ の絶対値を示す。尚図19にて斜線で示された部分の面積は⑦式で $\delta=0$ とした $R(0)$ で表わされる。かくして自動焦点合せはこの $\delta'$ を0にするように制御することにより行なわれる。

【0029】図20は瞳分割用チョッパの一実施例を示しており、135はチョッパで、回転軸136の周りに回転可能に配設されていて、(a)の位置では瞳137の下半分を通る光束のみが開口部135aを通過して撮像素子に達し、(b)位置では瞳137の上半分を通る光束のみがチョッパ135の外側を通過して撮像素子に達するようにして瞳分割が行なわれ得、瞳分割を行わない場合には(c)の如く全体が瞳137の外側に退避せしめられる。さらに後述するコントラスト値を求める場合には、チョッパ135は図20(a)又は(b)の位置

に示すように光学系瞳位置をA、Bに分割切替するので、瞳位置A、Bに対する撮像素子61からの撮像信号に基づき合焦算出のための演算が演算器55で行なわれ、その演算の結果ステージ73の移動量が求められ、これがCPU51に入力されることにより、CPU41は焦準ステージ駆動部72を介してステージ73を合焦位置に駆動せしめる。

【0027】尚ここで瞳分割による焦点合せの光学的原理を説明しておく。図18において、132は結像レンズ、133は結像レンズ132の前側で瞳の近傍に配設された開口133aを有する遮光板、134は像面であり、遮光板133の開口133aが図18(a)の如く位置Aにある場合、合焦時には像面3上に像Qが結像され、非合焦時には像Qに関して光軸Oに垂直方向にずれた像面134上の位置にボケた像 $Q_1$ 、 $Q_2$ が形成され、また遮光板133の開口133aが図18(b)の如く位置Bにある場合、合焦時には像面3上に像Q'が結像され、非合焦時には同様にボケた像 $Q_1'$ 、 $Q_2'$ が形成される。

【0028】かくして遮光板133の開口133aを位置AからBまたはその逆に移動させたとき、合焦時の像Q及びQ'は全く同一で移動しないが、非合焦時の像は $Q_1$ から $Q_1'$ へ又はその逆にもしくは $Q_2$ から $Q_2'$ へ又はその逆に移動する。従って、像面134上に撮像素子を配設して像の移動状態を検出することにより、合焦か否か、また非合焦の場合前ピンか後ピンか、そしてその場合のピントのずれ量を知ることができる。この原理に基づき、瞳分割用チョッパで分割された二つの瞳位置に関する撮像信号は図19(a)において各々 $f_A$ 、 $f_B$ により示され、この $f_A$ 、 $f_B$ から相関演算式

に設定されればよいが、この実施例では(a)の位置に設定されるようになっている。また撮像素子は例えば512個の電荷蓄積モードで動作するフォトダイオードから成るフォトダイオードアレイにより構成されていて、その出力信号は入射光量( $f \cdot t - Dd$ ) $\times$ 繰返し走査時間(秒)に比例し図21に示す通りである。尚、この出力信号は飽和点を有するため、撮像素子に対して適切な光量を与えられるように、対物データテーブル100に基づきCPU51が光源83のための調光回路82及びNDフィルターユニットの切替駆動部80を制御すると共に、撮像素子駆動回路61に適当な繰返し走査時間に対する情報を与えることにより、最適な電荷蓄積時間に設定され得る。

【0030】ここで照明光学系の自動制御の説明について簡単に述べたバックグラウンドデータ入力について図22のフローチャートに従いさらに詳しく説明する。操作パネル64により対物レンズのデータが入力される

と、対物レンズに応じたコンデンサーレンズ75、開口絞り77、視野絞り79、NDフィルター81が最適に切替及び制御されると同時にバックグラウンドデータの入力シーケンスが開始される。先づ、ステージ73が基準ステージ駆動部72により理論的なピント位置より下方に設定された基準位置に駆動せしめられる。この基準位置は以下のように設定される。図23において、140は対物レンズ、141はステージ73の上限位置、142はステージ73の下限位置、143は理論的なピント位置、144は基準位置で、ピント位置143よりスライドガラス73a及びカバーガラス73bの最大厚だけ下方に在る。145、146、147は位置141、142、144を検出するためのフォトセンサーの如き位置センサーである。

【0031】従って、位置センサー147により検出が行なわれたときに駆動部72を停止させれば、ステージ73は基準位置144に停止せしめられ、カバーガラス73b及びスライドガラス73aの厚さのバラツキにより実際のピント位置を与えるステージ73の位置は必ず基準位置144の上方に在ることになる。またステージ73が上限位置141または下限位置142に持ち来されると、各センサー145、146がこれを検出して駆動部72を停止せしめ、自動焦点合せの際には好ましくは同時に非合焦の表示が行なわれ得る。かくしてステージ73が基準位置に駆動せしめられると同時に、ビームスプリッタ16（図1及び図2参照）が切替駆動されて、撮像素子19への光路が構成される。

【0032】また対物レンズデータに基づき開口絞り77及び視野絞り79が各制御駆動部76及び78により最適な絞り径に駆動され、さらに光源83のための調光装置82及びNDフィルターユニット81のための切替駆動部80が、撮像素子61に対して最適な光量を得るように制御される。同時に撮影レンズ67を5倍にするようにその駆動部66が制御される。尚、撮影レンズ67を5倍にするのは、撮像素子61上に結像された投影像の分解能と撮像素子自体の分解能を整合させるためであり、撮影レンズの分解能 $\Delta x$ は、

$$\Delta x = \Delta Z \times NA = 0.5 \lambda / NA$$

（但し  $\Delta Z = \lambda / (2 NA^2)$ 、（焦点深度））

で表わされ、5倍拡大系の場合には、対物レンズ後側のNAを一般的に0.04とすれば、5倍拡大系の像側では $NA = 0.008$ となり、 $\lambda = 0.5$ とすると、 $\Delta x = 31.25 (\mu m)$ となる。ここで使用されている撮像素子の各センサー間のピッチは $28 \mu m$ であるから、この5倍拡大系による投影像に対して十分な撮像データ分解能を得ることができる。

【0033】かくして撮影レンズ67が5倍に切替えられた後、対物レンズデータから撮像素子61のダイナミックレンジを有効に使うために適当な撮像素子電荷蓄積時間が演算され、駆動及び撮像信号処理回路62にコン

トロールデータとして送られる。各駆動部66、68、74、76、78、80、82が各々指定された状態に作動したことをCPU51が確認した後、チョッパ駆動部84により瞳分割用チョッパ85が第一の瞳分割位置（例えば図20（a）の位置）Aに駆動せしめられ、このときの撮像素子61からの撮像素子データがCPU51及び演算部55で演算処理され、各ビットの補正係数としてRAM52に記憶される。次に該チョッパ85が第二の瞳分割位置（例えば図20（b）の位置）Bに駆動せしめられ、同様にしてこのときの補正係数がRAM52に記憶される。これは、対物レンズを切替えた場合各対物レンズに対して行なわれ得る。

【0034】かくして補正係数がRAM52に入力された後、撮影レンズ67、光源83、NDフィルターユニット81、開口絞り77、視野絞り79及びビームスプリッタ16は最初の位置または設定状態に復帰せしめられ、チョッパ85は光路外（図20（c）の位置）にハネケられる。

【0035】以上のようにバックグラウンドデータ入力のシーケンスが実行されることにより、この後行なわれる自動焦点の際に得られる試料像の撮像データがバックグラウンドデータとして記憶された補正係数により演算処理されて、より高い精度の自動焦点合せが可能になる。

【0036】次に自動焦点合せの動作を図24及び図25のフローチャートに従って対物レンズSPLAN 10×の場合について説明する。先づ自動焦点合せのための光学系の条件設定を行なう。操作パネル86のスイッチ99を押すと、CPU51は、その時どのような光路であっても、各ビームスプリッタの切替状態をRAM52に記憶させると共に、光路切替駆動部によりビームスプリッタ16（図1参照）を駆動することにより撮像素子61に至る光路が形成される。また、その時の開口絞り77及び視野絞り79の絞り値、NDフィルターユニット81の切替状態、光源83の調光状態が各々RAM52に記憶されると共に、バックグラウンドデータ入力の際になされたように開口絞り77、視野絞り79、NDフィルターユニット81及び光源83は各々撮像素子61上の投影像が最適となるように設定される。

【0037】即ち、対物データテーブル100に基づき光路中に挿入されている対物レンズに従って、開口絞り77の絞り径は②式で $K2 = 1$ としたときに得られる（瞳径に対して100%の）絞り径、視野絞り79の絞り径は①式で $K1 = 1$ としたときに得られる（視野外接の）絞り径、NDフィルターユニット81及び光源83は④式から得られる像面照度

$$L = 0.707 \times 2^{\pm 1/2}$$

の係数0.707を1とするような値に、各々CPU51及び演算器55により演算されて、各駆動部及び調光



回路により設定される。さらに、撮像素子61に対する投影像の分解能を上げるために、撮影レンズ67が5倍に切替設定される。

【0038】以上の設定が行なわれた後これをCPU51が確認すると、瞳分割用チョッパ85がチョッパ駆動部84により第一の瞳分解位置(図20(a))Aに移動せしめられ、同時にステージ73の位置が検出される。ステージ73が基準位置144より上方にあるときは、瞳分解位置Aにおける撮像データが撮像素子61か

$$C = \sum_x |f(x) - f(x+5)|, \quad (x = 4n) \quad \dots\dots(8)$$

で表わされる。これは、各々5ビット離れたセンサーの信号の差の絶対値を4ビット毎に計算していることにな

$$C_a = \sum_{x=64}^{184} |f(x) - f(x+5)|, \quad (x = 4n)$$

$$= |f(64) - f(69)| + |f(68) - f(73)| + \dots\dots + |f(184) - f(189)|$$

となる。同様にして各群のコントラストを演算して全体 20 のコントラスト値を演算する。

【0040】このようにして演算されたコントラスト値が予め設定されたしきい値以下であるとき、そしてステージ73が基準位置144より下方にある場合には、ステージ73がステージ駆動部72により基準位置144に移動せしめられ、再び瞳位置Aにおける撮像データが演算処理され、RAM52に記憶されると共にコントラスト値が演算される。ここでコントラスト値がしきい値以下であれば、ステージ73が100μmだけ上方へ移動せしめられ、このときのステージ73の位置が上限位置141でないことを確認した後再び瞳位置Aにおける撮像データが演算処理され、RAM52に記憶されると共にコントラスト値が演算され、この動作はコントラスト値がしきい値以上になるまで繰返されるが、途中でステージ73がその上限位置141に達すると位置センサー145によりこれが検出されることによって上記動作は中断され、さらに操作パネル64上に非合焦の表示が行なわれる。

【0041】コントラスト値がしきい値以上になると、瞳分割用チョッパ85がチョッパ駆動部84により第二の瞳分割位置(図20(b))Bに移動せしめられ、瞳分割位置Bにおける撮像データが撮像素子61からCPU51に入力され、CPU51はこの撮像データを、バックグラウンドデータ入力としてRAM52に記憶されている補正係数により演算処理して $f_B$ を得、先づRAM52に記憶された $f_A$ を読み出して演算器55により⑦式に示した相関演算を行って $R(\delta)$ の最小値を与える $\delta'$ (位相差)を求め、この位相差 $\delta'$ に基づき、ステージ73の移動量を決定してステージ駆動部72によりステージ73を移動せしめる。続いて再び瞳分割用チ 50

らCPU51に入力され、CPU51はこの撮像データをバックグラウンドデータとしてRAM52に記憶されている補正係数により演算処理して $f_A$ を得、これをRAM52に記憶すると共に、コントラスト値を演算する。ここでコントラスト値の演算は例えば図26により次のように行なわれる。撮像素子61上の512ビットのセンサーをa, b, c, d, eの五群に分け、 $f(x)$ をxビット目の信号としxを4つおきに計算すれば、コントラストCは

る。

【0039】従ってa群のコントラスト $C_a$ は

ョッパ85を駆動せしめて瞳位置A, Bにおける撮像データ $f_A$ ,  $f_B$ を演算してその相関演算による $R(\delta)$ の最小値を与える $\delta'$ を求め、 $\delta'$ が0になるまで相関演算の動作は繰返される。 $\delta'$ が0になることにより合焦が確認され上記動作が中断され、操作パネル64上に合焦の表示が行なわれる。

【0042】かくして操作パネル64上に合焦または非合焦の表面が行なわれた後、自動焦点合せの動作の最初にRAM52に記憶されたデータに基づいて、各光学系要素は、自動焦点合せ以前の状態に復帰せしめられる。即ち、瞳分割用チョッパ85は光路外(図20(c))に退避せしめられ、撮影レンズ67が元の倍率に切換えられ、開口絞り77、視野絞り79、NDフィルターユニット及び光源83が元の制御及び切替状態に戻される。さらにビームスプリッタ16が光路内に挿入されて写真撮影系の光路が構成される。以上で自動焦点合せの動作が完了する。

【0043】上述の如く、本実施例によれば、

- 1) 焦点合せの操作が自動化されたことにより検鏡者の操作が容易となり操作ミスが防止され且つ所要時間が短縮され、また焦点合せの精度が向上する。
- 2) 撮像データの補正係数がバックグラウンドデータとしてRAMに記憶されていることにより焦点合せ精度が向上し、さらに該補正係数の入力が簡単に行なわれることにより操作性が向上する。
- 3) 自動焦点合せの際に各光学系要素は自動的にこれに適した状態に設定され、自動焦点合せ終了後は各光学系要素は自動的にそれ以前の状態に復帰せしめられる。
- 4) 自動焦点合せの際に絞り、明るさ等の光学的条件が対物レンズデータに基づき最適値に演算され自動的に設定されることにより、撮像データの精度が向上する。

5) 自動焦点合せのために、対物レンズの理論的な合焦位置の近傍にステージの基準位置を設けることにより、焦点合せ時間が大幅に短縮され、特に高倍の対物レンズにおける焦点合せの場合に有効であって、ステージの位置をモニターしながら自動焦点合せの動作が行なわれるので、撮像データ以外のデータを含めて自動焦点合せがなされるため、合焦精度が向上する。

6) 焦点合せのための演算処理として、相関演算式、コントラスト値が併用されていることにより、処理時間が短縮され且つ合焦精度が向上する。

という効果が得られ、極めて便利である。

【0044】

【発明の効果】上述のように、本発明に係る自動焦点装置を備えた顕微鏡は、焦点合わせの際、ステージの基準位置を設けるようにしたから、焦点合せ時間を大幅に短縮させることができ、特に高倍の対物レンズにおける焦点合せの場合に有効であるという実用上重要な利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】顕微鏡の光学系の一例を示す概略図である。

【図2】図1の顕微鏡のための本発明による制御システムのブロック図である。

【図3】本発明による顕微鏡の一実施例の制御装置を示す詳細なブロック図

【図4】図3の制御装置における操作パネルの一例を示す正面図である。

【図5】対物データテーブルを示す図表である。

【図6】対物レンズとコンデンサーレンズの対照を示す図表である。

【図7】光路のFNo. (視野数)を示す図表である。

【図8】絞り制御のブロック図である。

【図9】NDフィルターユニットの一例を示す図である。

【図10】NDフィルターの組合せによる光量比を示す図表である。

【図11】光路による光量比B<sub>i</sub>を示す図表である。

【図12】対物レンズによる光量比O<sub>b</sub>を示す図表である。

【図13】NDフィルターによる光量比NDを示す図表である。

【図14】撮像素子上の投影像の補正データを示すグラフである。

【図15】撮像素子上の投影像の補正係数を示すグラフである。

【図16】対物レンズデータセット時の制御のフローチャートである。

【図17】自動焦点合せのための制御回路のブロック図である。

【図18】瞳分割による焦点合せの原理を示す概略図である。

【図19】瞳分割による撮像データとその相関演算による位相差を示すグラフである。

【図20】瞳分割用チョッパの一実施例を各作動状態にて示す図である。

【図21】撮像素子の出力を示すグラフである。

【図22】自動焦点合せのためのバックグラウンドデータ入力のフローチャートである。

【図23】ステージの基準位置を示す図である。

【図24】自動焦点合せのフローチャートの一部である。

【図25】図24のフローチャートに接続される自動焦点合せのフローチャートの一部である。

【図26】コントラストを求めるときの各群を示す図である。

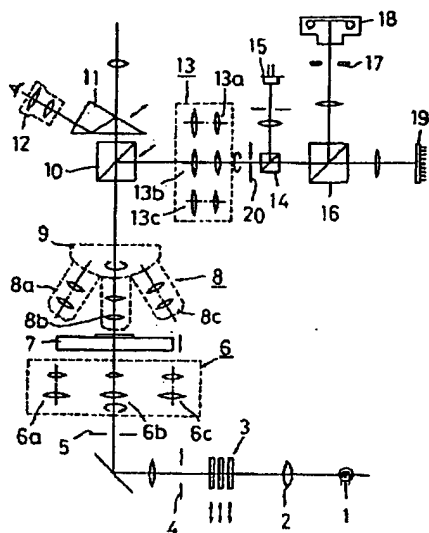
【符号の説明】

7……ステージ、8……対物レンズ、9……レボルバー、19……撮像素子、21……撮像信号処理回路、26……対物レンズ切換駆動部、27……焦準駆動部、32……CPU、35……記憶部、61……撮像素子、62……駆動及び撮像信号処理回路、70……対物レンズ切換駆動部、71……レボルバー、72……焦準ステージ駆動部、73……ステージ、135……瞳分割用チョッパ、100……対物データテーブル、140……対物レンズ、141……上限位置、142……下限位置、143……ピント位置、144……基準位置、145、146、147……位置センサー。

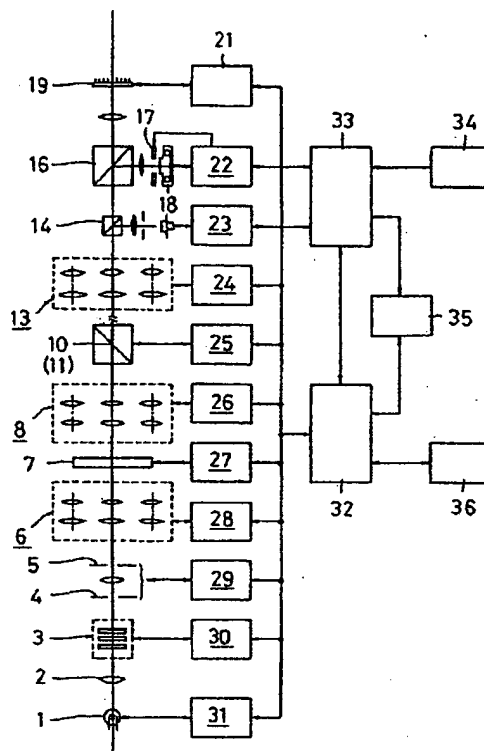
【図5】

レボルバー位置		1	2	3	4	5	6
対物レンズ	倍率	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
	種別	A	B	C	D	E	F

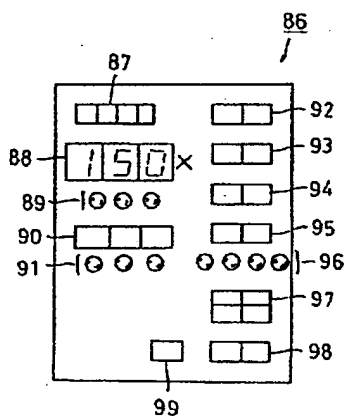
【図1】



【図2】



【図4】



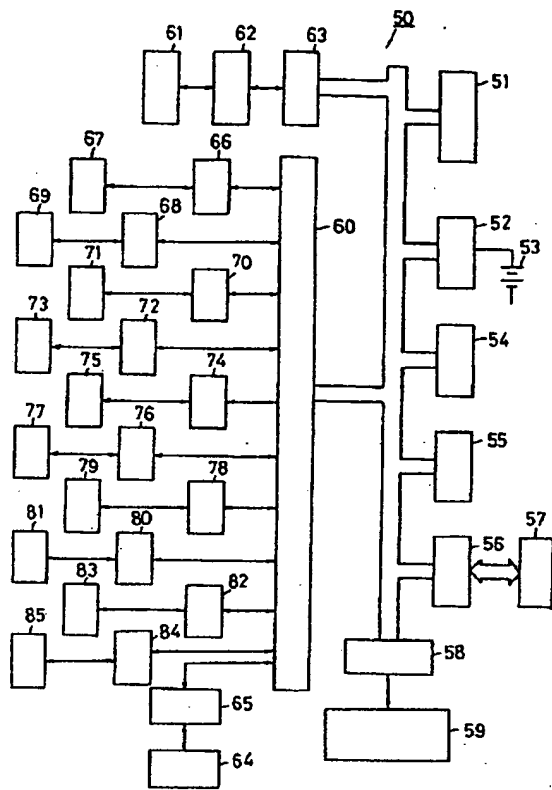
【図7】

光路	FNo (視野数)
Bi	28
FK 2.5×	24
3.3×	18
4 ×	15
5 ×	12.3

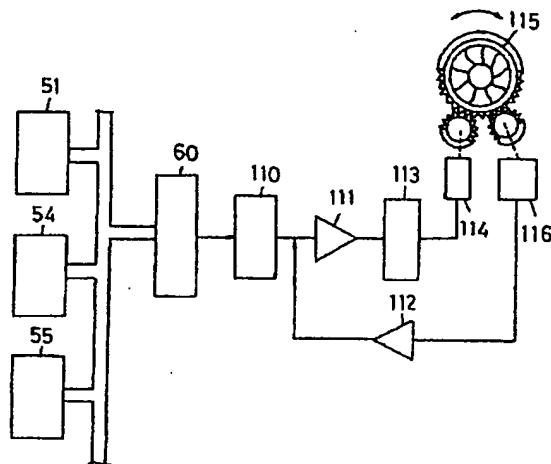
【図6】

対物レンズ				コンデンサ-レンズ	
倍率	NA 値			焦点距離	FS 投影倍率
	SPLAN APO	SPLAN	DPLAN		
1 ×	—	0.04	—	61.5	0.68
2	—	0.08	—		
4	0.16	0.13	0.10		
10	0.40	0.30	0.25	12	0.133
20	0.70	0.46	0.40		
40	0.95	0.70	0.65	6.5	0.0722
100	1.40	1.25	1.25		

【図3】



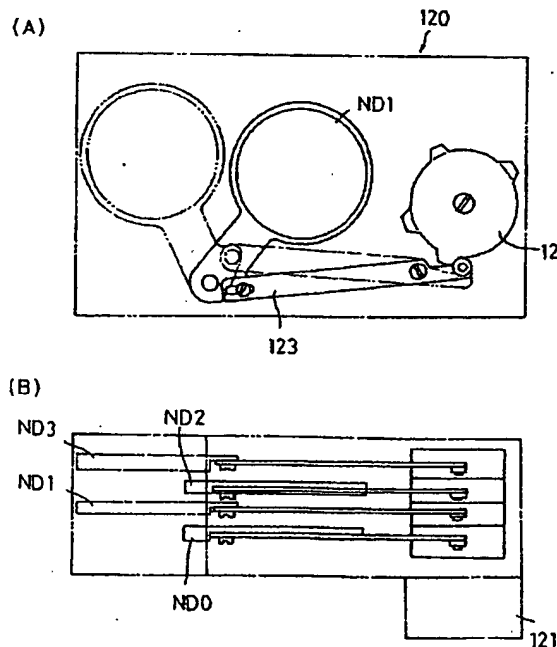
【図8】



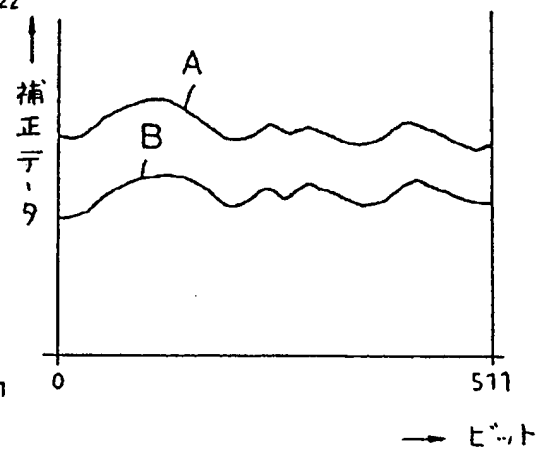
【図11】

光路	$B_i$	$\log_{10} B_i$
$B_i$ 100%	1	0
$B_i$ 20%	0.2	-9
FK 2.5×	0.148	-11
3.3×	0.0847	-14
4 ×	0.0589	-16
5 ×	0.0371	-19

【図9】



【図14】



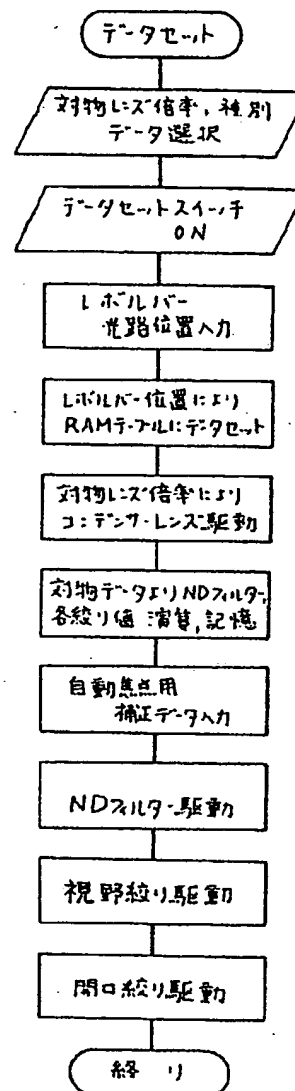
【図12】

倍率	$\log_a Ob$		
	SPLAN APO	SPLAN	DPLAN
1×	—	3	—
2	—	3	—
4	2	0	-2
10	2	0	-3
20	-1	-4	-6
40	-5	-7	-8
100	-15	-15	-15

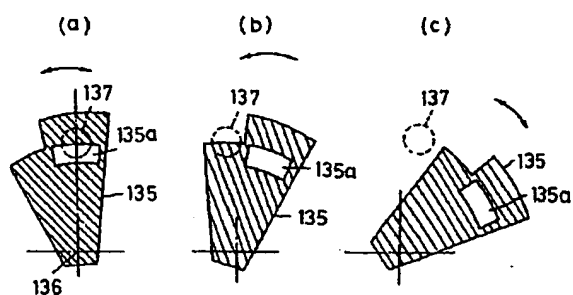
【図13】

ND	$\log_a ND$
1	$\geq \log_a ND > -2$
$1/2$	$-2 \geq \quad \quad > -6$
$1/4$	$-6 \geq \quad \quad > -10$
$1/8$	$-10 \geq \quad \quad > -14$
$1/16$	$-14 \geq \quad \quad > -18$
$1/32$	$-18 \geq \quad \quad > -22$
$1/64$	$-22 \geq \quad \quad > -26$
$1/128$	$-26 \geq \quad \quad > -30$
$1/256$	$-30 \geq \quad \quad > -34$
$1/512$	$-34 \geq \quad \quad > -38$
$1/1024$	$-38 \geq \quad \quad$

【図16】

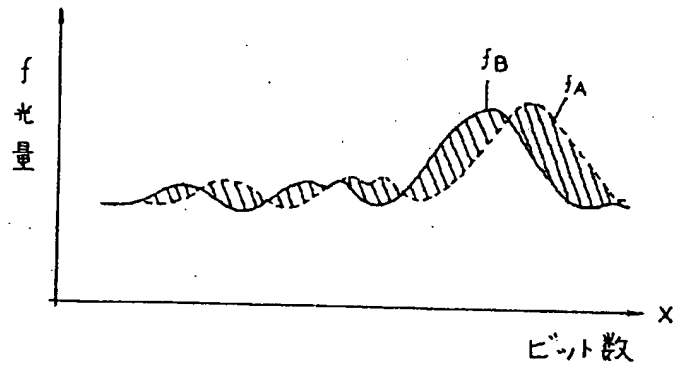


【図20】

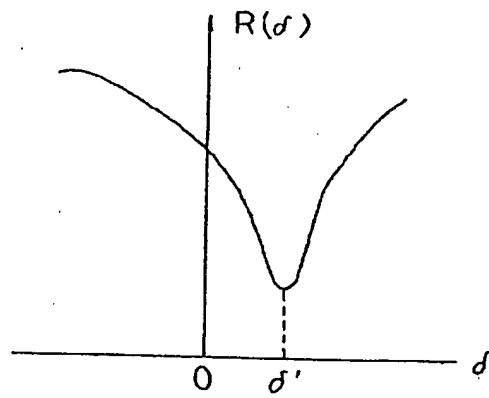


【図19】

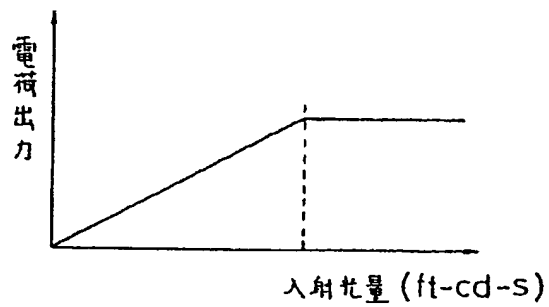
(a)



(b)

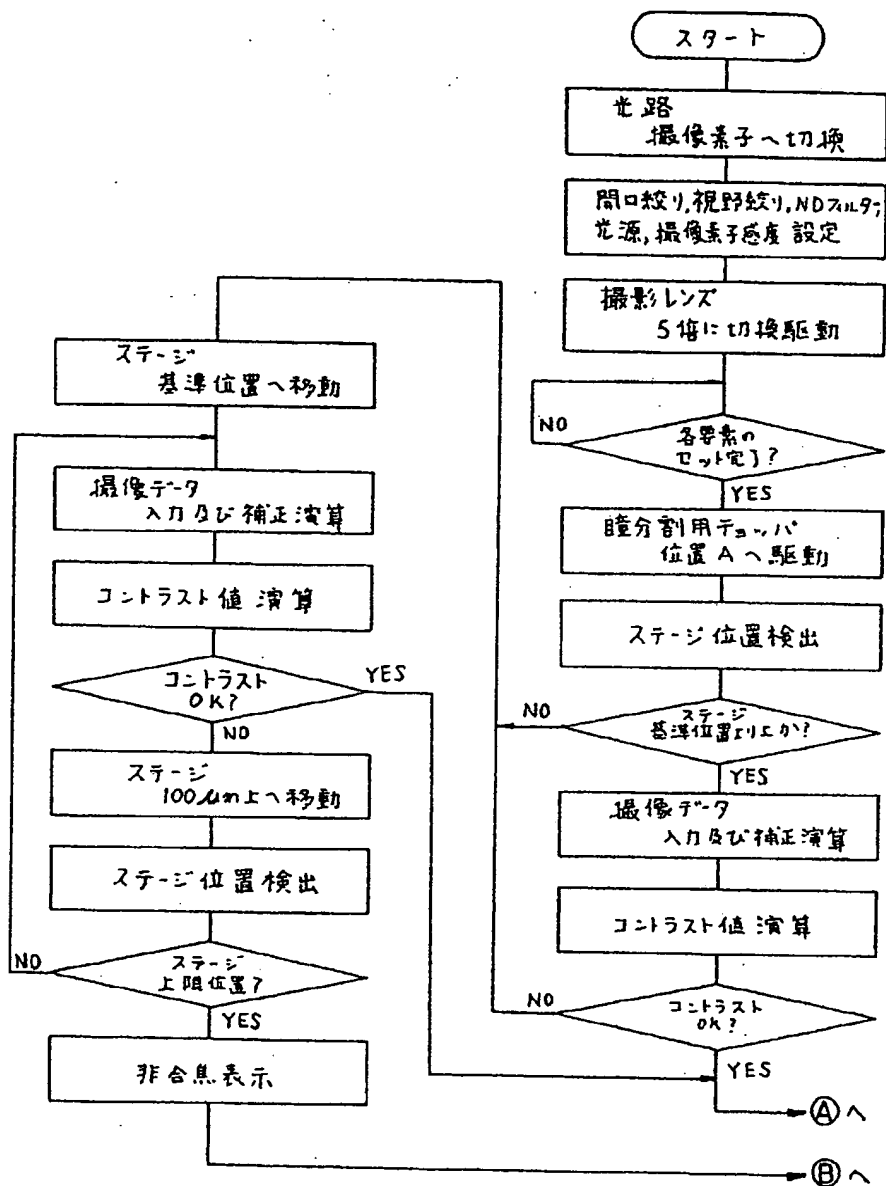


【図21】



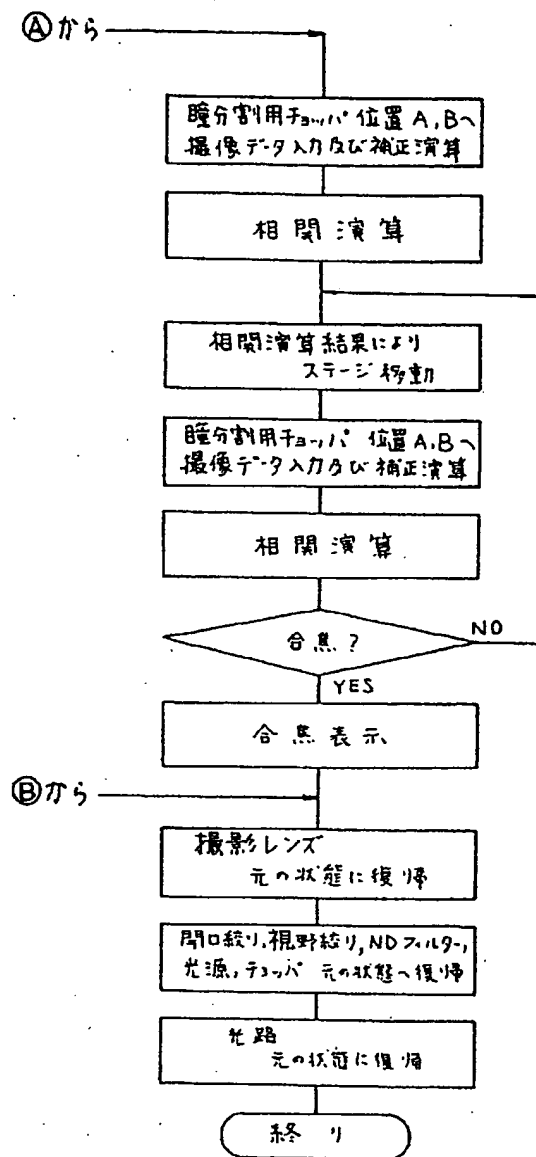
THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図24】





【図25】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)